

**GLÁUCIA SCHNEIDER BETTS**

***PROCÉDURAS EDIFICIAIS COMO REFERENCIAL PARA  
INTERVENÇÃO NA ENVOLTÓRIA DE EDIFÍCIO  
EXISTENTE: O CASO DO EDIFÍCIO DELTA.***

**SÃO CAETANO DO SUL  
2011**

**GLÁUCIA SCHNEIDER BETTS**

***PROCEL EDIFICA COMO REFERENCIAL PARA  
INTERVENÇÃO NA ENVOLTÓRIA DE EDIFÍCIO  
EXISTENTE: O CASO DO EDIFÍCIO DELTA.***

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Henrique dos Santos

**SÃO CAETANO DO SUL  
2011**

Betts, Gláucia Schneider

Procel Edifica como referencial para intervenção na envoltória de edifício existente: o caso do edifício Delta / Gláucia Schneider Betts.— São Caetano do Sul, SP: CEUN, 2011.

55p.

Monografia — Especialização — MBA em Gestão Ambiental e Práticas de Sustentabilidade. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Henrique dos Santos

1. Eficiência energética 2. Envoltória 3. Procel Edifica 4. Retrofit

I. Betts, Gláucia Schneider. II. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. III. Título.

## RESUMO

No presente trabalho são estudadas as características construtivas do edifício Delta e as características do local geográfico em que o mesmo se encontra para levantamento do grau de eficiência energética da construção. A análise dos elementos componentes da envoltória do edifício é realizada utilizando os dados encontrados na NBR 15220 (ABNT, 2005) partes 2 e 3, que foram selecionados por semelhança aos materiais construtivos identificados *in loco* no edifício. O cálculo do desempenho energético da envoltória da edificação é realizado segundo a metodologia proposta pelo programa Procel Edifica através da aplicação do RTQ-C (Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos), obtendo-se o resultado de classificação na faixa C/D. Após a etapa de classificação são propostas algumas intervenções possíveis de serem feitas na envoltória a fim de alcançar maior eficiência energética e conforto térmico, elevando-se a classificação para B nas áreas condicionadas e para A nas áreas não condicionadas do edifício. Este trabalho pode servir de referência para intervenções em edifícios existentes na Região Metropolitana de São Paulo com vistas ao aumento da eficiência energética e obtenção da Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE) através do programa Procel Edifica.

Palavras-chave: Eficiência energética. Envoltória. Procel Edifica. Retrofit.

## ABSTRACT

The present work studies the constructive characteristics of the Delta building as well as the geographical characteristics of its site in order to measuring the energy efficiency level of the building. The analysis of the elements that form the “building skin” is done using data from NBR 15220 parts 2 and 3, with the selection of the models which presented greater similarity with the elements found *in loco* at the building. The assessment of the energetic performance of the “building skin” is done following the methodology proposed by the Procel Edifica program, using the RTQ-C (Portuguese letters for Technical Regulation for Quality of the Energy Efficiency Level for Public, Commercial and Service Buildings), achieving a result in the range of the C/D level of efficiency. Following the classification results some interventions on the “building skin” are proposed, resulting in A level classification for the area of the building without air conditioning and B level classification for the area with air conditioning. The present work may serve as reference for similar interventions in existing buildings in the Sao Paulo Metropolitan Region with the intention of improving their energy efficiency level and achieving the National Label for Energy Efficiency (ENCE) trough the program Procel Edifica.

Key words: Energy efficiency. “Building skin”. Procel Edifica. Retrofit.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	7
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	9
<b>3. O OLHAR DO ARQUITETO SOBRE O MEIO AMBIENTE .....</b>	15
3.1. PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA - 1943 .....	15
3.2. HOSPITAL SARAH KUBITSCHEK - 2004 .....	16
3.3. EDIFÍCIO CENPES II – PETROBRÁS - 2010 .....	17
3.4. CONCURSO OTEC DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA EDIFÍCIOS EXISTENTES - 2010 .....	19
<b>4. A ESCOLHA DO PROGRAMA PROCEL EDIFICA .....</b>	22
<b>5. CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO DE IMPLANTAÇÃO E DO EDIFÍCIO DELTA .....</b>	25
5.1. O EDIFÍCIO DELTA DA UNIVERSIDADE METODISTA DE SÃO PAULO ....	27
5.2. TRANSMITÂNCIA E ABSORTÂNCIA TÉRMICAS DA CONSTRUÇÃO .....	31
5.3. DEFINIÇÕES E CÁLCULOS SEGUNDO RTQ-C .....	34
5.4. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONSUMO .....	38
5.5. PRÉ-REQUISITOS PARA DEFINIÇÃO FINAL DA CLASSIFICAÇÃO .....	41
5.6. CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO DELTA .....	43
<b>6. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....</b>	44
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	50
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	51
<b>ANEXOS.....</b>	53

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento de consciência pela necessidade de preservar os recursos naturais ainda existentes na Terra e usá-los de maneira responsável norteia muitas das decisões de arquitetos no momento de projetar e especificar os materiais para os edifícios. Projetar em e para um mundo com recursos limitados implica maior responsabilidade para com as escolhas, inclusive a escolha entre reformar um edifício existente ou derrubá-lo para construir um novo. Aspectos de ordem econômica, cultural, ambiental e histórica são apenas algumas das variáveis que contribuem para a discussão da sustentabilidade na arquitetura.

O início do século XX trouxe a moderna arquitetura para o Brasil e sob influência de Le Corbusier muitos edifícios foram concebidos e construídos para tirar partido das condições climáticas locais. O Palácio Gustavo Capanema construído no Rio de Janeiro entre 1936 e 1943 para abrigar o Ministério de Educação e Saúde Pública é um exemplo que bem ilustra a questão, pois o tratamento diferenciado dado às suas fachadas buscou atender às necessidades de proteção solar de cada uma delas, assim como sua posição no terreno, escolhida de acordo com a orientação solar.

A evolução tecnológica que a partir dos anos 1960 permitiu a construção de grandes fachadas envidraçadas e edifícios mais expostos ao sol e às intempéries criou também a necessidade de incorporar elementos mecânicos para prover estas edificações do conforto térmico necessário para sua utilização, tornando-os altamente dependentes da utilização de energia.

Paradoxalmente é neste período que começa a se estruturar o movimento ecológico que na arquitetura se manifesta como um resgate dos princípios da arquitetura vernacular, que utiliza o conhecimento tradicional do lugar ou região para a realização do projeto arquitetônico. Em uma citação atribuída a Sócrates, referindo-se ao hemisfério norte, há a recomendação de que as aberturas das casas fossem orientadas para o sul a fim de permitir que o sol do inverno entrasse na habitação e o sol do verão passasse acima das aberturas produzindo sombra no seu interior.

O panorama brasileiro de pesquisa na área de conforto térmico e eficiência energética é bastante fértil: de norte a sul do país, universidades e instituições de pesquisa promovem parcerias na busca por novas metodologias de projetar e construir para um país com tantas diferenças climáticas. Um dos resultados dessas pesquisas é o Programa Nacional de

Conservação e Uso Racional da Energia (Lei 10.295, 2001) que serve de marco para estabelecer níveis de consumo de energia para aparelhos eletrodomésticos e que posteriormente foi ampliado para permitir classificar também as edificações. O selo Procel de eficiência energética, já bastante conhecido como instrumento de qualificação de eletrodomésticos, amplia sua abrangência na medida em que permite avaliar e classificar uma edificação sob o ponto de vista de sua eficiência energética.

Nos últimos anos arquitetos brasileiros tem cada vez mais agregado os princípios do conforto térmico aos seus projetos. É o caso de João Filgueiras Lima e seus projetos dos hospitais da Rede Sarah e da equipe de Siegbert Zanettini com o projeto do novo centro de pesquisas da Petrobras, sempre no intuito de obter soluções menos dependentes da energia para o funcionamento dos edifícios. Um concurso público recente buscou soluções para o *retrofit*<sup>1</sup> de um edifício modernista projetado por Rino Levi na Avenida Paulista, em São Paulo, buscando não só o resgate da concepção arquitetônica original do prédio mas agregando novas tecnologias para permitir a redução de consumo de energia para sua operação.

Este trabalho estuda um edifício construído há cerca de 40 anos que ainda está em uso, buscando avaliar o desempenho de sua envoltória em relação à eficiência energética, utilizando-se os parâmetros do programa Procel Edifica para obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A escolha deste prédio para estudo deve-se ao fato de ser ele o primeiro edifício construído para abrigar os cursos superiores do que atualmente é a Universidade Metodista de São Paulo. Além das salas de aula, laboratórios e estúdios, abriga também a parábola do *uplink* do satélite para transmissão das aulas para os 37 pólos de educação à distância mantidos pela Universidade em 14 estados do Brasil. Sendo o edifício mais antigo construído para a Universidade, hoje é peça fundamental para a modernidade educacional pretendida pela instituição.

A relevância deste trabalho está associada ao grande número de edificações antigas existentes nas cidades brasileiras com possibilidades de serem reformadas para permanecerem em uso, agregando-se recursos que visem aumentar a eficiência energética e reduzir os gastos com energia para sua utilização.

---

<sup>1</sup> Retrofit: o termo é utilizado para objetos que se encontram ultrapassados tecnicamente mas que mediante a atualização de componentes ou sistemas podem continuar em uso. Pode ser empregado em relação a edifícios quando da substituição de sistemas ou componentes por outros que ofereçam avanços tecnológicos e/ou ambientais. (Definição pelo autor).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Vitrúvio (2007) em seu Tratado de Arquitetura reúne uma gama muito grande de temas e conhecimentos de sua época na forma de um manual orientador para os empreendedores imobiliários de então, criando um texto clássico dos fundamentos da arquitetura. Ao que tudo indica Vitrúvio foi contemporâneo do imperador romano Otávio Augusto, no século I a.C. Trata-se de um texto técnico baseado na observação dos fenômenos naturais e os assuntos são tratados com objetividade, revelando sua experiência no mundo romano. Lá se encontram indicações para a escolha do local mais favorável para localização das cidades em relação à proximidade da costa e margens de rios bem como em relação à presença de ventos dominantes, buscando privilegiar sítios que contribuíssem para a manutenção da saúde dos habitantes. Semelhantemente, reconhece que as edificações devem ter características diferenciadas conforme sua localização mais ou menos afastada do Equador, e quando fala do edifício propriamente dito, recomenda que certos ambientes fiquem voltados para o leste e outros para o oeste para se beneficiarem do movimento do sol:

Os triclínios de inverno e os banhos deverão estar voltados para o ocidente hibernal, devido ao fato de neles ser necessária a luz vespertina, além de que também o Sol, ao incidir o seu esplendor e emitindo calor, torna o lugar mais aquecido ao fim da tarde. Os cubículos e as bibliotecas devem estar virados a oriente. Com efeito, o seu uso matutino exige luz, e também assim os livros não apodrecem nas bibliotecas. Pois, em quaisquer delas que estejam voltadas para o meio-dia e para o ocidente, os livros são danificados pelas traças e pela umidade, originadas e alimentadas pelos ventos úmidos que chegam, além de que, espalhando exalações úmidas, corrompem os volumes com bolor. (VITRUVIO, 2007, p.309)

Shalders Neto (2003) faz um levantamento histórico a partir de descobertas arqueológicas que comprovam o conhecimento dos povos da antiguidade sobre a influência da forma e localização das edificações, mostrando que soluções semelhantes foram alcançadas por povos geograficamente afastados que viviam sob condições climáticas semelhantes.<sup>2</sup> O autor busca exemplos da Grécia antiga para o ordenamento urbano das cidades numa demonstração de que o conhecimento dos fatores climáticos era comum naquela civilização.

Ao se analisar a evolução dos padrões arquitetônicos ao longo da história verifica-se que a percepção das condições climáticas locais – variação diária de temperatura, disponibilidades de luz e calor solar, característica dos ventos, regime das chuvas, entre outros – determinou a escolha dos materiais e técnicas construtivas, moldou formas e proporções, dando origem a padrões arquitetônicos regionais, adaptados ao clima, com condições de conforto adequadas. (SHALDERS NETO, 2003, p.21)

---

<sup>2</sup>No capítulo 2 de sua dissertação intitulado “Arquitetura e clima- referencial histórico e teórico” o autor apresenta ilustrações que demonstram as semelhanças por ele citadas.

O artigo de Gonçalves e Duarte (2006) aborda o tema da sustentabilidade na arquitetura como sendo uma questão necessariamente multidisciplinar. A crise energética do final dos anos 1970 propiciou que tanto o fator energético como o ambiental entrassem na agenda mundial, pois a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais implicaria na diminuição da oferta de energia de base fóssil. Questões políticas também tiveram impacto nesse despertar de consciência quando os países do Oriente Médio reivindicaram autonomia nos negócios do petróleo. A arquitetura pós Segunda Guerra estava confortavelmente dependente de recursos tecnológicos para manter as condições de conforto térmico e do próprio funcionamento dos edifícios. Fachadas envidraçadas eram comuns nas grandes metrópoles, independente de sua latitude. A questão da multidisciplinariedade no trato do que se chama arquitetura sustentável pode ser comprovado pelos condicionantes que hoje são colocados aos projetistas e arquitetos:

- escolha de materiais e técnicas construtivas de menor impacto ambiental;
- consideração com o ciclo de vida dos materiais;
- os custos com a operação do edifício;
- o impacto dentro do ambiente urbano, tanto pela necessidade de alimentação pelas redes de infraestrutura como pelos dejetos oriundos de seu funcionamento.

Como retrato deste novo modo de pensar tanto da arquitetura como da sociedade inicia-se a reflexão sobre a possibilidade de desconstruir o edifício ou então reabilitá-lo tecnologicamente para novos usos. “Os objetivos do *retrofit* de edifícios são: adaptar o edifício a novos usos, melhorar a qualidade ambiental dos ambientes internos, otimizar o consumo de energia no médio e longo prazos, aumentar o valor arquitetônico e econômico de um edifício existente, ou mesmo restaurar seu valor inicial.” (GONÇALVES; DUARTE, 2006, p.55)

Ceotto (2009) considera que um edifício comercial tenha uma vida útil de 50 anos e que os custos desde a fase de idealização até o momento em que se torna necessária uma intervenção para reuso podem ser assim distribuídos:

- Idealização: 0,2%
- Concepção e projeto: 0,8%
- Construção: 14%
- Uso e operação: 80%

- Adaptação para reuso: 5%

Este levantamento demonstra que decisões tomadas nas fases iniciais do projeto terão impacto durante todo o ciclo de utilização do edifício e é no momento inicial, de projeto, que se tem maiores oportunidades de fazer escolhas que impactem positivamente seu consumo energético. Desta forma, pesquisar e incluir no projeto soluções que possam contribuir para a racionalização do consumo de energia a médio e longo prazo é uma maneira de tornar o edifício mais sustentável.

Mascaró (1998) aborda a questão da escolha de materiais para as paredes externas e cobertura das edificações pela ótica do custo, em que a seleção de materiais com maior qualidade de isolamento térmico pode contribuir para elevar o custo no momento da construção porem traz grandes benefícios, resultando em ambientes com maior conforto térmico.

Para se dar uma idéia da magnitude do problema, basta lembrar que sobre o plano horizontal chegam entre 600 e 1000 W/m<sup>2</sup>h, segundo o clima e a época do ano; sobre os planos verticais orientados leste-oeste esse valor varia entre 400 e 800 W/m<sup>2</sup>h. Se as coberturas ou fachadas estão mal isoladas, boa parte desse calor entrará no edifício, provocando desconforto ou grandes consumos de energia; se a envolvente do edifício estiver corretamente isolada, passará apenas 5% do calor que chega e isto é importante do ponto de vista do conforto, da economia e da energia. (MASCARÓ, 1998, p.95)

Este texto deve ser lido considerando-se que muitos dos novos materiais e tecnologias que estão disponíveis para a construção são fruto de pesquisas de racionalização da construção, na busca por produtos que agilizem a construção mas que nem sempre levam em conta os fatores de condutibilidade dos materiais. Menezes (2006) estudou moradias de interesse social construídas na cidade de Passo Fundo (RS) entre 2001 e 2004 e constatou que mesmo usando materiais de construção bastante tradicionais, a cobertura utilizada impactou no conforto térmico das habitações: permitia a passagem de grande parte do calor externo para o interior no verão, e no inverno a temperatura interna ficava abaixo dos limites de conforto em parcela considerável do tempo.

Xavier (2000) fundamenta seu trabalho com uma ampla revisão bibliográfica sobre conforto térmico<sup>3</sup>, comentando a partir dos primeiros estudos sistemáticos que foram realizados, motivados por relacionar as condições de conforto térmico e a produtividade em ambientes de trabalho, principalmente industriais, no início do século XX. Ele cita Fanger que realizou os primeiros estudos controlados em câmaras climatizadas para aferir o balanço térmico que ocorre entre as pessoas e o meio ambiente com as sensações descritas pelos sujeitos das

---

<sup>3</sup> Mais detalhes poderão ser vistos no capítulo 2.2 –Conforto Térmico, p. 14 a 22, do trabalho citado.

pesquisas. O estudo do conforto térmico passa a ser objeto de estudo multidisciplinar uma vez que as sensações não podem simplesmente ser medidas objetivamente e cada pessoa agrupa um fator subjetivo em seu julgamento de conforto térmico. Diversos autores realizaram pesquisas neste sentido. A motivação desses estudos passa pelo viés de como o desempenho (no trabalho, no estudo e em atividades com maior ou menor grau de atividade física) pode ser afetado pelas condições do ambiente.

Após os primeiros estudos em câmara climatizada outros autores fizeram levantamentos considerando a variação das temperaturas ao longo do ano em determinado lugar e admitindo ambientes não climatizados para os testes. Entre estes o autor cita estudos realizados no Brasil, Inglaterra, Havaí e Bangcoc.

Um estudo realizado na Inglaterra por Nicol e Kessler (1998, apud Xavier, 2000) com ocupantes de três andares idênticos de um mesmo prédio demonstrou que quando há possibilidade do sujeito interagir com o ambiente, seja pela abertura de janelas, mudança na vestimenta ou controle de temperatura, os resultados tendem a um percentual maior de indivíduos satisfeitos mesmo para temperaturas acima ou abaixo das faixas consideradas ideais. Neste estudo, o primeiro andar, que se utilizava de ventilação noturna e massa térmica para resfriamento foi considerado o mais satisfatório por todos os participantes do estudo após uma mudança no lay out e mobiliário, mesmo quando comparado ao segundo andar que dispunha de escritórios padronizados e 60% de área envidraçada e com o terceiro andar com unidades mecânicas de resfriamento, recursos estes considerados mais eficientes se comparados aos recursos disponíveis no primeiro pavimento.

Ainda segundo Xavier (2000) os estudos realizados em ambientes naturais, sem os controles presentes no estudo de Fanger, buscam encontrar respostas mais fiéis aos diferentes climas existentes no mundo. Isso é especialmente relevante para estudos de conforto térmico em um país de dimensões continentais como o Brasil pois o que é considerado conforto no extremo sul pode não o ser na região amazônica, e vice versa, levando-se em consideração os componentes psicológicos e culturais da percepção do ambiente da população de cada região.

Mueller (2007) elaborou um trabalho voltado ao projeto de ambientes escolares que incorporassem como premissa de projeto a criação de ambientes com conforto térmico, acústico e luminoso, uma vez que esses elementos são essenciais para alcançar resultados positivos no processo ensino-aprendizagem, independentemente da faixa etária. Essas mesmas condições também podem ser aplicadas a ambientes em que as atividades sejam mais

focadas nos cálculos e raciocínio matemático. Dentro desse conjunto de edificações ela selecionou os ambientes condicionados naturalmente como o foco de seu trabalho por ser este o universo das escolas da rede estadual de ensino em São Paulo.

A autora aponta para a evolução dos índices de conforto desde a Carta Bioclimática<sup>4</sup> de Olgay de 1963 até a “Carta Bioclimática proposta por Givoni em 1992, adaptada a países de clima quente, expandindo os limites da zona de conforto em resposta à aclimatação das pessoas nesses locais [...]”(MUELLER, 2007, p.31). Fica claro que não pode haver uma unanimidade de índices e estratégias para conforto térmico que possa ser adotado em todas as regiões climáticas do mundo. Outro fator que ela aponta está relacionado com a saúde dos ocupantes dos edifícios quando diz que “além de se preocupar com o aquecimento e o resfriamento do edifício, é preciso atentar também para a qualidade do ar interno, pois todos esses componentes, tratados conjuntamente, serão responsáveis por oferecer ou não condições agradáveis dentro do espaço de ensino-aprendizagem.”(MUELLER, 2007, p.35)

As questões ambientais levantadas pela comunidade internacional e expressas através de documentos como o Protocolo de Quioto<sup>5</sup> do qual o Brasil é signatário tem impulsionado o aumento do número de construções mais adaptadas ao meio no qual se inserem, resultado de pesquisas que possibilitaram a evolução dos materiais e técnicas construtivas como também pela revalorização de conhecimentos antigos que haviam ficado em um segundo plano perante uma realidade em que a energia a baixo custo permitia que as soluções de conforto térmico dos edifícios fossem conseguidas prioritariamente por equipamentos dependentes de energia elétrica.

O Protocolo de Quioto desencadeou um processo de elevação do rigor das normas internacionais referentes ao desempenho térmico das edificações. Normas que regulam o desempenho térmico e/ou a eficiência das edificações já existiam desde a década de 70, originadas pela crise do petróleo ocorrida em 1973. Elas visavam reduzir o consumo de energia por eletricidade ou por combustíveis fósseis. Após o Protocolo de Quioto, as normas de desempenho e eficiência energética nas edificações visaram também a redução da emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa. (LAMBERTS, et al. 2007, p.109)

---

<sup>4</sup> Carta bioclimática é um diagrama que relaciona os dados de temperatura e umidade relativa do ar para todos os dias do ano em determinada localização geográfica. (Definição pela autora com base em Lamberts, Dutra e Pereira (1997)).

<sup>5</sup> Constitui-se no protocolo de um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, [...] Discutido e negociado em Quioto no Japão em 1997, foi aberto para assinaturas em 11 de Dezembro de 1997 e ratificado em 15 de março de 1999. (WIKIPEDIA)

A mudança deste panorama no início do século XXI está manifesta no aumento de visibilidade que as questões ligadas à sustentabilidade vem recebendo, resultando no aumento de demanda por edifícios ecologicamente corretos e geradores de menor impacto ambiental. Para a arquitetura as possibilidades de adicionar ao projeto elementos que visem a um melhor desempenho energético do edifício, e consequentemente menores custos de operação, são muito variadas.

Hoje já é possível encontrar nas grandes lojas de materiais de construção soluções industrializadas para o aproveitamento de águas da chuva ou para reuso da água, para a utilização da energia solar para aquecimento e sistemas de automação dos controles de iluminação. A opção por utilizar este tipo de recurso deve ser contemplada desde a fase do projeto, com a inclusão de canalizações e infra-estrutura compatíveis e análise do impacto desta decisão no custo geral da obra frente a previsão de economia que será proporcionada nos gastos mensais para a utilização do edifício, o que passa a ser tratado como um diferencial de comercialização.

### 3. O OLHAR DO ARQUITETO SOBRE O MEIO AMBIENTE

Berço do modernismo no Brasil, o Rio de Janeiro ainda hoje abriga projetos arquitetônicos inovadores. Nos dias atuais a inovação se manifesta através de soluções que integrem os conhecimentos e técnicas disponíveis para que os edifícios provoquem o menor impacto possível ao meio ambiente. Nesta seção veremos três exemplos de projetos que foram construídos no Rio de Janeiro nos quais é possível encontrar alternativas de projeto que incorporaram as condições climáticas locais em benefício da solução arquitetônica adotada. Ao final, será comentado um concurso proposto para o *retrofit* de um edifício em São Paulo, em que a sustentabilidade das soluções propostas também foi um dos condicionantes para os participantes.

#### 3.1. PALÁCIO GUSTAVO CAPANEMA - 1943

Construído entre 1936 e 1943 para sediar o Ministério de Educação e Saúde, projetado por Lucio Costa e Oscar Niemeyer, com consultoria de Le Corbusier e participação de outros arquitetos brasileiros, este edifício é um marco da arquitetura moderna.

O projeto procura seguir de modo bastante fiel as recomendações de Le Corbusier para o que ele considerava uma "nova arquitetura": seu bloco principal está suspenso sobre *pilotis*, possui a estrutura portante livre das paredes e divisórias internas, e está vedado por cortinas de vidro. Foi um dos primeiros edifícios, em todo o mundo, a fazer uso do recurso do *brise-soleil* (quebra-sol) a fim de evitar a incidência direta de radiação solar em sua fachada norte. [...] A implantação acontece de forma a criar no terreno (o qual ocupa um quarteirão inteiro no centro do Rio de Janeiro) uma praça pública que tem no pavimento térreo do edifício um elemento de permeabilidade, ou seja, permite a passagem desimpedida de pedestres sob o prédio. (WIKIPÉDIA, 2011)



FIGURA 1: Fachada Sul



FIGURA 2: Fachada Norte

FONTE: Wikipédia

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A1cio\\_Gustavo\\_Capanema](http://pt.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A1cio_Gustavo_Capanema)> acesso em 24 abr. 2011

### 3.2. HOSPITAL SARAH KUBITSCHEK - 2004<sup>6</sup>

O arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) se destaca na arquitetura brasileira por buscar soluções inovadoras para a execução de seus projetos. Nos anos 1970-1980 esteve trabalhando com a pré-fabricação dos componentes construtivos em concreto, já incorporando nos elementos pré-fabricados os recursos para sombreamento necessários. Quando iniciou os trabalhos dos hospitais da Rede Sarah levou o pensamento da industrialização e criou uma fábrica de elementos construtivos, dando assim uma identidade aos vários hospitais do grupo, especialmente aos mais recentes (Lago Norte em Brasília, Belém e Rio de Janeiro).

Segundo Leal (2008), o projeto do arquiteto João Figueiras Lima incorpora soluções de eficiência energética desde sua implantação no terreno até a utilização de dupla cobertura viabilizando a ventilação natural na maior parte do ano.

Localizado num terreno de 80 mil m<sup>2</sup> próximo à Lagoa de Jacarepaguá, o edifício mantém premissas de há muito adotadas nos demais hospitais da rede, como, por exemplo, a solução horizontal com áreas de tratamento e de internação integradas a espaços verdes; a flexibilidade dos espaços internos, potencializada em função das dimensões do complexo; e o sistema de iluminação natural para todas as áreas, com exceção do centro cirúrgico [...] (LEAL, 2008, p 48).

<sup>6</sup> Hospital Sarah Kubitschek é o nome pelo qual são conhecidas várias unidades hospitalares brasileiras, projetadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima, destinadas ao atendimento de vítimas de politraumatismos e problemas locomotores, objetivando sua reabilitação. (FONTE: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Hospital\\_Sarah\\_Kubitschek](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hospital_Sarah_Kubitschek)>, acesso em 30 jun. 2011.)

É um exemplo de arquitetura isolada que pela própria dimensão do terreno não sofre influência de construções vizinhas. A implantação seguindo a orientação Norte-Sul favorece a adoção das soluções passivas de conforto térmico.



FIGURA 3: Foto aérea do Hospital Sarah Kubitshek no Rio de Janeiro  
FONTE: LEAL, 2008, p 50

### 3.3. EDIFÍCIO CENPES II – PETROBRÁS - 2010

O concurso público instituído pela Petrobras em 2004 para projeto das instalações de seu Centro de Pesquisas, Cenpes II, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro inovou ao inserir cláusulas de sustentabilidade bastante específicas e de caráter eliminatório para os projetos participantes:

1. Orientação solar adequada;
  2. Forma Arquitetônica: adequada aos condicionantes climáticos locais e padrão de uso para a minimização da carga térmica interna;
  3. Material das superfícies opacas e transparentes: termicamente eficiente;
  4. Superfícies envidraçadas: Taxa de WWR (*Window Wall Ratio*) adequada às condições de conforto térmico e luminoso internos;
  5. Proteções solares externas: adequadas às fachadas;
  6. Ventilação natural: aproveitamento adequado dos ventos para resfriamento e renovação do ar interno;
  7. Aproveitamento da Luz Natural;
  8. Uso da Vegetação;
  9. Sistemas para uso racional de água e reuso;
  10. Materiais de baixo impacto ambiental: conceito de desenvolvimento sustentável.
- (LABAUT, 2005)

O projeto selecionado do escritório Siegbert Zanettini em co-autoria com o arquiteto José Wagner Garcia contou com a formação de uma equipe multidisciplinar como forma de responder às exigências especificadas no edital do projeto. As várias alternativas foram testadas por simulação computacional, até chegar à solução final. O fator primordial foi a implantação em que as fachadas das áreas de trabalho (permanência prolongada) foram localizadas a norte e sul e a partir dessa orientação foram calculados os elementos para sombreamento e/ou proteção dos ambientes. Os ventos dominantes na região vindo de SE circulam pelos blocos e permitem a utilização dos espaços externos dentro dos parâmetros de conforto térmico estabelecidos e contribuem para a troca de ar dos ambientes internos. A obra foi concluída em 2010.

A proposta para o CENPES II traz para a discussão da arquitetura brasileira contemporânea a inserção de questões de sustentabilidade e impacto ambiental das construções, já presentes e marcantes no cenário internacional. A concepção de um projeto arquitetônico que tem como foco o tema da sustentabilidade certamente assume um papel histórico no contexto nacional, viabilizado por meio de um concurso. Sendo assim, a proposta vencedora representa uma importante contribuição conceitual e técnica na formação de novos paradigmas, considerando o desenvolvimento de uma arquitetura de menor impacto ambiental no Brasil, desde o processo de projeto até o resultado final. (LABAUT, 2005)

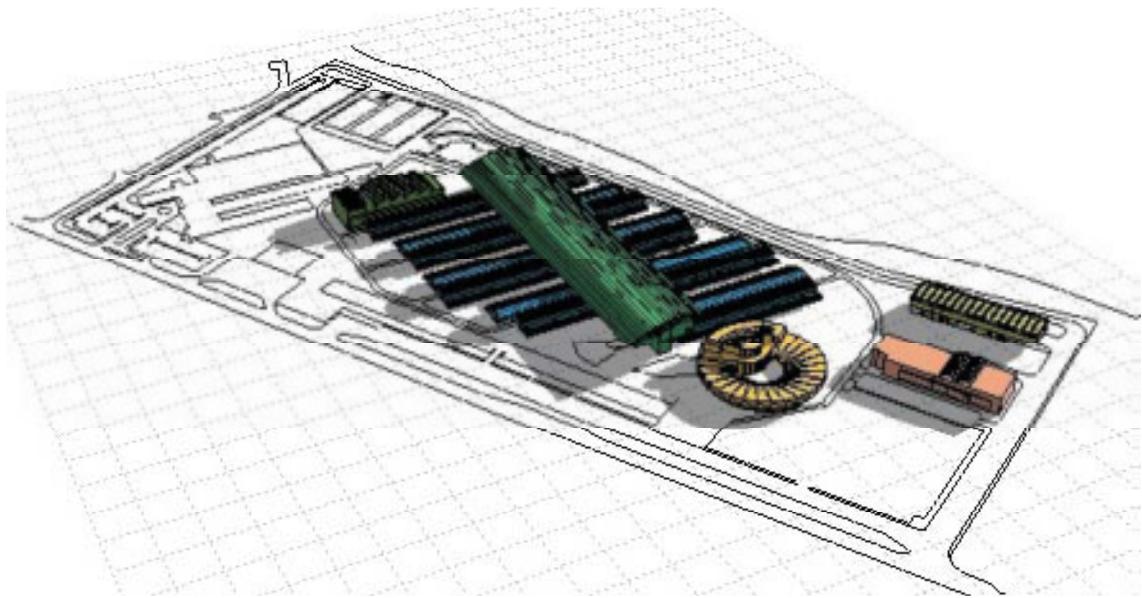


FIGURA 4: Maquete eletrônica do Cenpes II

FONTE: Poster do Projeto disponível em  
[http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/trabalhos\\_recentes/petrobras.pdf](http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/trabalhos_recentes/petrobras.pdf)  
 acesso em 22 abr. 2011

Os três exemplos de projeto citados são casos em que o entorno não constituiu impedimento para a implantação dos edifícios, uma vez que os terrenos eram maiores do que a necessidade

de programa e, nos dois últimos casos, afastados da malha urbana. Estas são situações raras nas metrópoles pois os terrenos disponíveis são sempre cercados por outras construções e condicionados às limitações impostas pelos códigos municipais. Entretanto, mesmo tendo que se adequar a restrições de espaço é possível inserir soluções que visem dar ao edifício algum grau de sustentabilidade e diminuir seus custos de manutenção durante o tempo de sua vida útil.

Também em relação aos três exemplos pode-se observar uma crescente complexidade das soluções de projeto adotadas, o que é possível pelo aumento do conhecimento sobre as questões climáticas, bem como a evolução dos instrumentos de cálculo e simulação de resultados, permitindo a escolha da solução que atenda ao maior conjunto das variáveis solicitadas.

### **3.4. CONCURSO OTEC DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA EDIFÍCIOS EXISTENTES - 2010**

O concurso promovido no final do ano de 2010 pela OTEC – Otimização Energética para a Construção, uma empresa brasileira de consultoria em sustentabilidade, foca o segmento de edifícios existentes dentro da prática do *retrofit*. O prédio escolhido, um projeto de 1961 do arquiteto Rino Levi, localiza-se na avenida Paulista, em foto ao lado, retirada do site do concurso.



FIGURA 5: Projetado por Rino Levi, o edifício Paulo de Tarso Montenegro é ocupado há 11 anos pelo IBOPE

O dado interessante deste concurso é que as propostas deveriam ser realizadas com base nos dados de consumo de energia atuais do edifício, podendo se valer de soluções arquitetônicas e/ou técnicas para obter a maior redução de energia durante a fase de operação do edifício, e “a

redução de energia proposta deverá ser comprovada através de modelo computacional de energia, a ser disponibilizado aos inscritos.”<sup>7</sup>

Frente a um grande número de edifícios antigos existentes hoje nas grandes cidades este concurso dá visibilidade a uma oportunidade de mercado ainda pouco explorada no Brasil que é o *retrofit*. Também aponta para a importância da utilização dos softwares de simulação energética (no caso foi disponibilizado o Design Builder) para a avaliação dos resultados de cada opção possível.

O resultado foi divulgado no dia 15 de abril de 2011 e a equipe vencedora apresentou entre suas propostas para a requalificação do edifício a integração da iluminação natural com a artificial, o tratamento diferenciado das fachadas conforme a orientação solar, a inclusão de recursos construtivos para aumentar a entrada de luz natural nos ambientes, a automação dos controles e a substituição do ar condicionado. Ao mesmo tempo, resgatando a concepção original do projeto arquitetônico e comprovando através de simulação computacional que haveria redução de consumo energético para a manutenção do prédio, requisitos estes que também constavam do edital.

Portanto, em casos em que a reforma ou *retrofit* seja desejável, a combinação do conhecimento tradicional das variáveis climáticas do local aliada à utilização de ferramental tecnológico para avaliar o comportamento de possíveis soluções arquitetônicas permitirá conseguir melhorar as condições de prédios existentes com alto grau de precisão em relação aos resultados previstos em projeto, dando-lhes novo uso com qualidade e ainda evitando a demolição.

Além do aspecto de conforto térmico, um grande número de construções comerciais com até 4 pavimentos que eram dispensadas da instalação de elevadores encontram-se hoje em situação irregular, não permitindo que seus ocupantes renovem os alvarás de funcionamento sem atender aos requisitos da lei de acessibilidade (Lei 10.098/2000). Para esses casos em que um *retrofit* é praticamente inevitável, a inclusão de intervenções visando melhorar o desempenho

---

<sup>7</sup> Item do Regulamento do concurso e foto , retirados do site <<http://www.concursootec.com.br/index2.html>> acesso em 19 abr. 2011

energético e eventualmente qualificar o edifício com o selo Procel de eficiência energética só irá agregar benefícios ao empreendimento, seus usuários e o meio ambiente.

#### 4. A ESCOLHA DO PROGRAMA PROCEL EDIFICA

Com a crise energética de 2001 foi promulgada a Lei 10.295/ 2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, seguida pelo o decreto 4059 de 19 de dezembro de 2001 que a regulamentou, estabelecendo “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”<sup>8</sup>, iniciando-se assim o processo de criação de uma legislação nacional para a avaliação dos edifícios sob o ponto de vista de sua eficiência energética.

A etiquetagem para aparelhos elétricos e eletrônicos já é bastante utilizada pelas indústrias, mas a regulamentação para a etiquetagem de edifícios foi publicada somente em 2010, tendo seu desenvolvimento e divulgação coordenados pelo LabEEE<sup>9</sup> e Inmetro. No endereço eletrônico do Programa Procel Edifica encontram-se os documentos que foram utilizados neste trabalho e que estão listados na bibliografia, contendo as instruções para proceder à etiquetagem de edifícios. A etiquetagem de edifícios neste momento possui caráter voluntário mas espera-se que, com o passar do tempo, se consolide como mais um fator para qualificação dos empreendimentos imobiliários, constituindo-se em uma iniciativa nacional de criação de instrumentos para avaliação de desempenho energético para edifícios comerciais, de serviços e públicos.

Diferentemente de outros selos de sustentabilidade como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Processo AQUA é a adaptação para o Brasil da “*Démarche HQE*”, da França), o selo Procel avalia apenas os fatores que influenciam diretamente o consumo de energia da edificação. A avaliação é feita separadamente para três aspectos da edificação: a envoltória, o sistema de iluminação e o ar condicionado, recebendo cada um desses sistemas etiquetas de eficiência energética independentes que combinadas conferem ao edifício uma classificação única.

---

<sup>8</sup> Procel Edifica Introdução – disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 29 out. 2010

<sup>9</sup> LabEEE: Laboratório de Eficiência Energética da UFSC

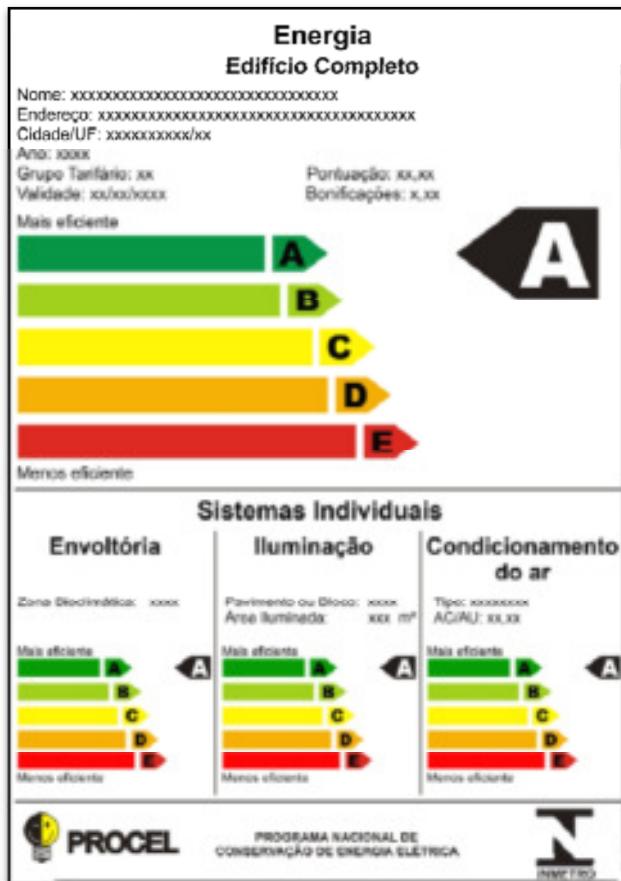


FIGURA 6: Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE)  
FONTE: BRASIL, 2010a, p. 9

Os quatro volumes que formam o programa de etiquetagem para edificações são<sup>10</sup>:

Volume 1: Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações

Volume 2: Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)

Volume 3: Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C)

Volume 4: Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C

Para analisar a envoltória, que consiste das paredes e cobertura, leva-se em consideração a localização geográfica do edifício, os materiais construtivos das paredes externas e cobertura e a proporção entre as áreas envidraçadas e as áreas opacas das envoltórias. O processo de etiquetagem foi concebido para ser aplicado paralelamente ao projeto e construção, etapas

<sup>10</sup> Estes volumes estão disponíveis para download através do endereço eletrônico <http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>.

estas que permitem fazer alterações a fim de conseguir alcançar graus maiores de eficiência energética, mas também poderá ser utilizado em edifícios existentes em estudos de *retrofit*.

No presente trabalho pretende-se avaliar a envoltória de um edifício existente, o edifício Delta, segundo as exigências do programa Procel Edifica. Para isso serão consultados os dados pertinentes do edifício já construído e aplicada a metodologia apresentada no Manual a fim de calcular sua classificação de eficiência energética. A partir dos resultados obtidos poderão ser sugeridas intervenções no edifício com vistas a melhorar seu desempenho térmico.

## 5. CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO DE IMPLANTAÇÃO E DO EDIFÍCIO DELTA

Segundo dados do Sumário de Dados 2010 de São Bernardo do Campo<sup>11</sup>, local em que se encontra o edifício em estudo, o município integrante da Região Metropolitana de São Paulo encontra-se a uma altitude média de 715 m e suas coordenadas geográficas são 23° latitude S e 46° longitude O.. A cidade de São Paulo tem coordenadas geográficas muito semelhantes às de São Bernardo do Campo e sua carta solar pode ser vista na figura abaixo:

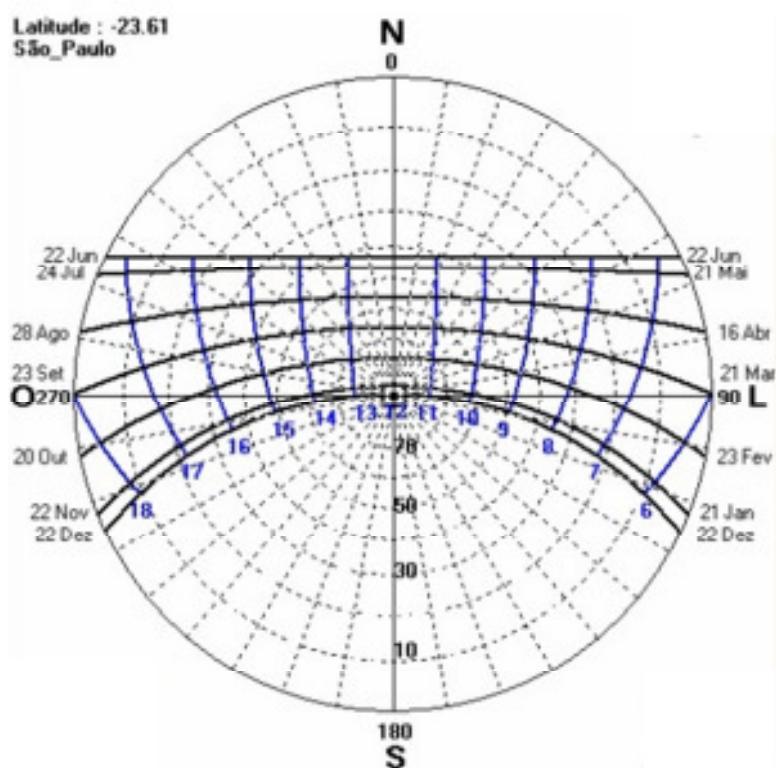


FIGURA 7: Carta Solar de São Paulo, equivalente para S. B. Campo, SP  
FONTE: Programa SOL-AR

A Carta Solar traz as informações relativas ao movimento do sol ao longo do ano para uma dada latitude, apresentando os dias do ano, geralmente os solstícios (junho e dezembro) por representarem os dias em que a proximidade e afastamento do sol são maiores, assim como os equinócios, quando os dias e noites têm a mesma duração (março e setembro). O azimute do sol que é a direção do sol em determinada data e hora, e a altura em relação ao horizonte

<sup>11</sup> Extraído da publicação da Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo Sumário de dados 2010, Ano-base 2009, São Bernardo do Campo, SP, 2010.

também podem ser auferidos através desta carta. De posse destes dados é possível projetar elementos para compor a envoltória do edifício a fim de aumentar o conforto térmico nos ambientes internos. Destes elementos o mais conhecido é o *brise-soleil*<sup>12</sup>, que foi bastante utilizado pela arquitetura modernista no Brasil e que hoje readquire um lugar de destaque na medida em que seu uso pode contribuir para um edifício mais eficiente energeticamente.

Outro instrumento que sistematiza dados referentes ao clima é a Carta Bioclimática apresentada por Givoni em 1992 para países em desenvolvimento. A partir da distribuição dos dados climáticos anuais sobre a carta, conforme a concentração nas zonas de diferentes níveis de conforto, é possível inferir o tipo de estratégias para o projeto de edificações mais adequadas para um determinado local. A seguir, a carta acompanhada da legenda.

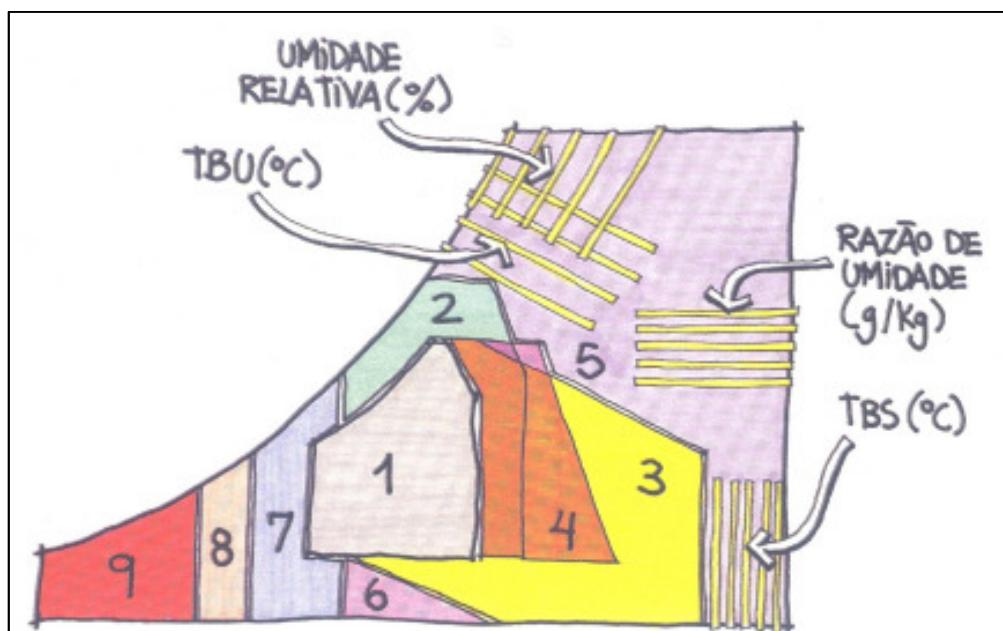


FIGURA 8: Carta Bioclimática para países em desenvolvimento

FONTE: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 105

**Legenda:**

- |   |  |
|---|--|
| 1 – zona de conforto                        | 6 – zona de umidificação                   |
| 2 – zona de ventilação                      | 7 – zona de massa térmica para aquecimento |
| 3 – zona de resfriamento corporativo        | 8 – zona de aquecimento solar passivo      |
| 4 – zona de massa térmica para resfriamento | 9 – zona de aquecimento artificial         |
| 5 - zona de ar condicionado                 |  |

<sup>12</sup> O *brise-soleil* (expressão francesa cuja tradução literal seria quebra-sol, embora seja comum a utilização apenas da palavra *brise* em português) é um dispositivo arquitetônico utilizado para impedir a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício, de forma a evitar aí a manifestação de um calor excessivo. (WIKIPEDIA, 2011)

## 5.1. O EDIFÍCIO DELTA DA UNIVERSIDADE METODISTA DE SÃO PAULO

Localizado em São Bernardo do Campo, SP, o edifício Delta da Universidade Metodista de São Paulo encontra-se na Região Bioclimática Brasileira 3. O zoneamento bioclimático consiste num instrumento de classificação que propõe “a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.” (ABNT, 2005, p.v). A mesma norma prevê também estratégias de projeto por região de modo que as edificações estejam adequadas às características do meio em que se encontram. Para a Zona Bioclimática 3 estas estratégias incluem a existência de aberturas para ventilação, o sombreamento das aberturas no verão e a entrada do sol no inverno, paredes leves e refletoras e coberturas leves e isoladas, entre outras.

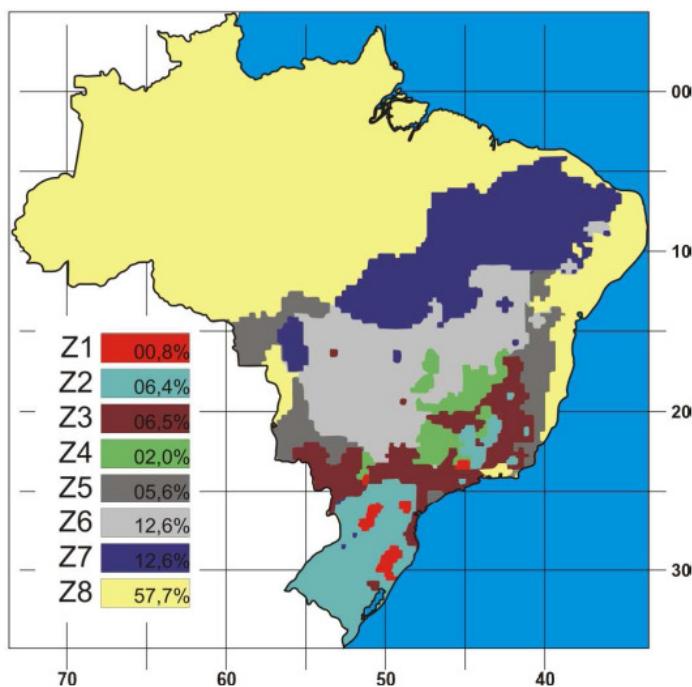


FIGURA 9: Mapa Bioclimático Brasileiro segundo NBR 15220-3  
FONTE: BRASIL, 2010a, p.56

Construído em 1971 para abrigar os primeiros cursos de ensino superior do recém criado Instituto Metodista de Ensino Superior, o Edifício Delta possui paredes de tijolos cerâmicos de 6 furos, assentados na maior dimensão, tendo entre as fiadas argamassa de assentamento com 1 cm de espessura e emboço em ambas as faces com 2,5 cm de espessura. O telhado é em telhas onduladas de fibrocimento, 7 mm de espessura, instalado dentro da área de projeção do edifício, não sendo visível do exterior. A modulação estrutural do prédio foi planejada para acomodar salas de aula, função que continua atendendo até hoje. As salas de aula estão distribuídas ao longo de um corredor de circulação longitudinal ao edifício e possuem profundidade de 7,00 m e larguras que podem variar de 4,50 m até 18,00 m.



FIGURA 10: Vista parcial do edifício Delta - Fachada Oeste (Foto da autora).

O edifício se distribui em 4 pavimentos sendo que o pavimento térreo está semi-enterrado, tendo algumas paredes em contato direto com o solo. No último pavimento uma parte do edifício possui pé direito maior em função da utilização desses espaços para estúdios de televisão. Nesta área o forro existente é tipo forro mineral, enquanto que no restante do edifício existe uma laje de forro. Os estúdios existentes neste pavimento são climatizados por sistema *split* de ar condicionado enquanto o restante do prédio não possui climatização.

A implantação do edifício Delta no terreno segue o eixo N-S, como pode ser visto na figura a seguir.

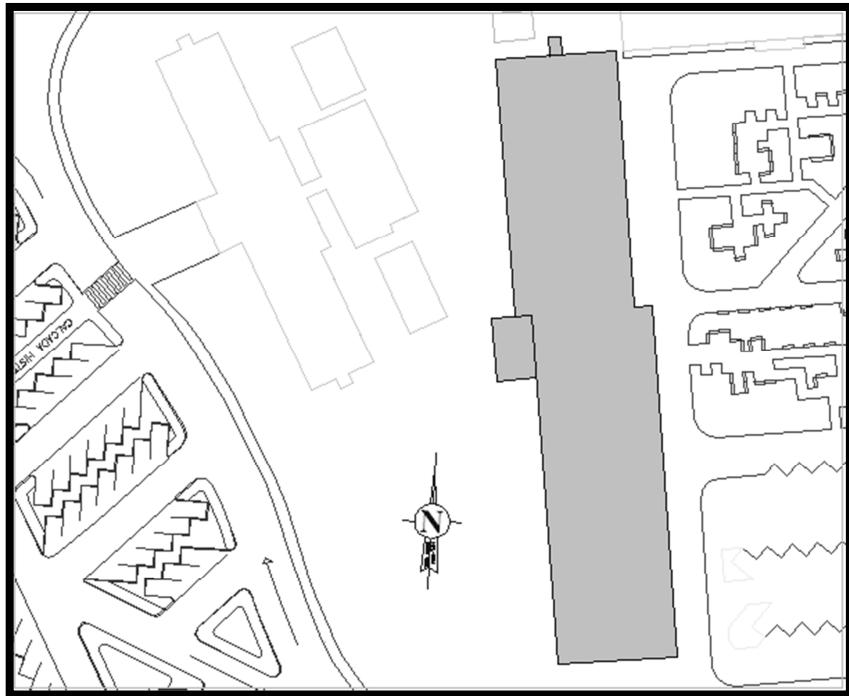


FIGURA 11: Implantação do Edifício Delta (Desenho pela autora).

As janelas do edifício são de dois tipos: basculantes nos sanitários e escadas e de correr nos demais ambientes. Estão distribuídas em faixas delimitadas por uma pequena saliência que limita o peitoril e a verga acima das aberturas, que ultrapassa a face externa da parede em 12 cm aproximadamente.

Observa-se que as duas fachadas que concentram as janelas estão orientadas a Leste e Oeste e não há nenhum tratamento externo ao prédio visando controlar a incidência do sol nos ambientes. A radiação solar além da luz visível tem também um componente de calor, que fica retido no ambiente após passar pelo vidro, contribuindo para o aumento da temperatura interna.

As figuras 12, 13 e 14 ilustram as janelas da edificação e seus detalhes dimensionais.



FIGURA 12: Janelas Basculantes



FIGURA 13: Janelas de Correr

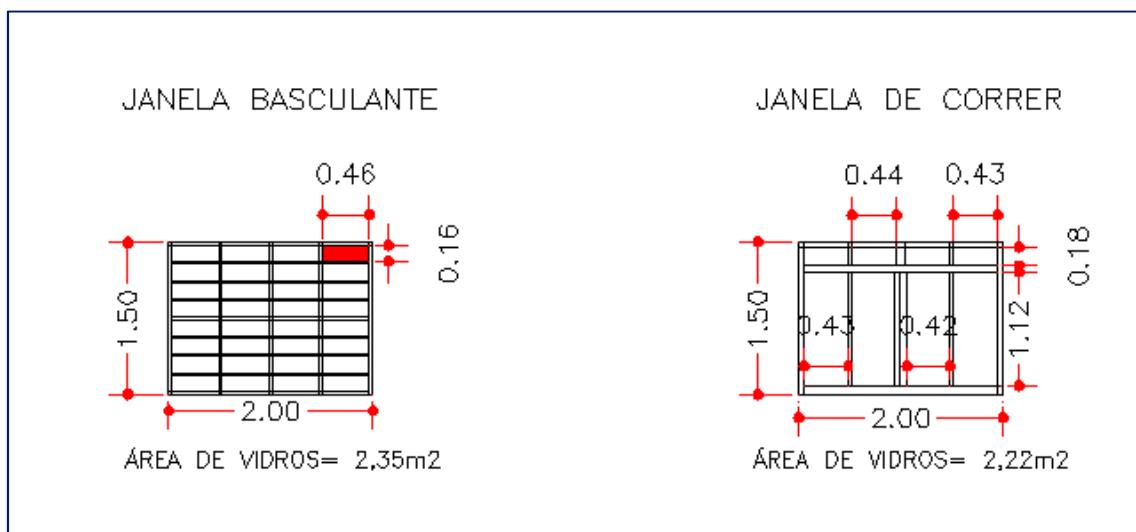


FIGURA 14: Detalhes das janelas (Desenho pela autora).

## 5.2. TRANSMITÂNCIA E ABSORTÂNCIA TÉRMICAS DA CONSTRUÇÃO

Os dados referentes aos materiais empregados nas paredes e cobertura do edifício Delta, do ponto de vista de suas propriedades térmicas, podem ser encontrados respectivamente nas tabelas D.3 e D.4 da NBR 15220 – Parte 3 (ABNT, 2005, p. 28 e 29) que apresentam os valores para diferentes tipologias conforme os materiais empregados. Para efetuar o cálculo do nível de eficiência energética do edifício segundo os requisitos do Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ-C) que permitirá a classificação de desempenho energético da envoltória do edifício é necessário usar os valores de transmitância térmica (U) das paredes e cobertura.

Transmitância térmica ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ): transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. (BRASIL, 2010a, p.54)

A tabela D.3 apresenta várias tipologias de paredes e a que mais se aproxima da parede do edifício Delta pode ser descrita como segue: “Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão. Dimensões do tijolo: 10,0 x 15,0 x 20,0 cm. Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm. Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm. Espessura total da parede: 20,0 cm”(ABNT, 2005, p.26). Para uma parede com estas características a Norma atribui o valor da transmitância térmica (U) de  $1,92 \text{ W}/(\text{m}^2\text{.K})$ .

Na tabela D.4 da mesma norma encontram-se descritos vários tipos de coberturas com suas características térmicas. A cobertura do edifício Delta é dividida em duas partes com características diferentes.

O primeiro tipo de cobertura pode ser descrito da seguinte forma: “Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista. Espessura da telha: 0,7 cm. Espessura da laje: 12,0 cm” (ABNT, 2005, p.28). Para este conjunto o valor da transmitância térmica (U) de  $1,93 \text{ W}/(\text{m}^2\text{.K})$ .

O segundo tipo de cobertura pode ser descrito da seguinte forma: “Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira. Espessura da telha: 0,7 cm. Espessura da madeira: 1,0 cm” (ABNT, 2005, p.28). Para este conjunto o valor da transmitância térmica (U) de  $2,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{.K})$ .

Além da transmitância é preciso definir os valores da absorção para as paredes e cobertura e novamente serão usadas as informações presentes na NBR 15220 – Parte 2 para as situações que mais se aproximam do objeto de estudo.

“Absorção térmica ou absorção à radiação solar ( $\alpha$ ): Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (BRASIL, 2010a, p.14).

- A absorção do telhado de fibrocimento (antigo) pode ser considerada a mesma da cor preta segundo a Tabela B.2 da NBR 15220-2, em que  $\alpha = 0,97$ .
- A absorção da pintura externa do prédio em cor camurça pode ser equiparada à da cor verde escuro segundo a Tabela B.2 da NBR 15220-2, em que  $\alpha = 0,70$ .

**Absorção ( $\alpha$ ) para radiação solar (ondas curtas)**

<b>Tipo de Superfície</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
Caiação nova	0,12 / 0,15
Concreto aparente	0,65 / 0,80
Telha de barro	0,75 / 0,80
Tijolo aparente	0,65 / 0,80
Reboco claro	0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25
Vidro colorido	0,40 / 0,80
Vidro metalizado	0,35 / 0,80
Pintura:	
Branca	0,20
Amarela	0,30
Verde clara	0,40
“Alumínio”	0,40
Verde escura	0,70
Vermelha	0,74
Preta	0,97

FIGURA 15: Tabela de absorções da NBR 15220-2 (2005)  
FONTE: BRASIL, 2010a, p.14.

Os valores da transmitância térmica e da absorção térmica dos elementos da envoltória do edifício serão usados na determinação do cumprimento dos pré-requisitos para receber a classificação que será calculada em função das demais propriedades da envoltória.

Para a análise da envoltória do edifício Delta conforme os parâmetros do RTQ-C com a finalidade de atribuir uma etiqueta de eficiência energética segundo o Programa Procel Edifica é preciso levantar os dados pertinentes dentro das definições estabelecidas por este programa para, na sequência, realizar os cálculos. As definições que se seguem podem ser encontradas no Regulamento Técnico da Qualidade RTQ-C.

### 5.3. DEFINIÇÕES E CÁLCULOS SEGUNDO RTQ-C

**Envoltória (env):** planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem. Pisos e paredes em contato com o solo não entram no cálculo da área da envoltória para fins de aplicação do RTQ-C.

Área da Envoltória ( $A_{env}$ )= todos os planos externos SEM contato com o solo. Este valor inclui todos os fechamentos, inclusive os vidros.

FACHADA	ÁREA ENVOLTÓRIA (m <sup>2</sup> )
Norte	335
Sul	292
Leste	1562
Oeste	1372
Cobertura 1	940
Cobertura 2	547
<b>TOTAL</b>	<b>5048</b>

$$(A_{env})=5048 \text{ m}^2$$

**Área de projeção da cobertura (Apcob):** área de projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos.

$$A_{pcob} = 1487,00 \text{ m}^2$$

**Área de projeção do edifício (Ape):** área da projeção horizontal do edifício

$$A_{pe} = 1580,00 \text{ m}^2$$

**Área Útil (AU):** área disponível para ocupação medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens

$$\underline{\text{Área útil}} = \text{somatório das áreas internas} = 5415 \text{ m}^2$$

**Área total de piso (Atot):** soma das áreas de piso fechadas de construção, medidas externamente às paredes.

$$\underline{\text{Área Total}} = A_{tot} = 5558 \text{ m}^2$$

## Cálculo do volume do edifício

Pela planta pode-se perceber que o edifício mesmo sendo um único bloco apresenta um recuo em sua porção média, e a ala sul tem altura um pouco maior em função da necessidade de pé direito neste lado. O volume total calculado é de 25154 m<sup>3</sup>.

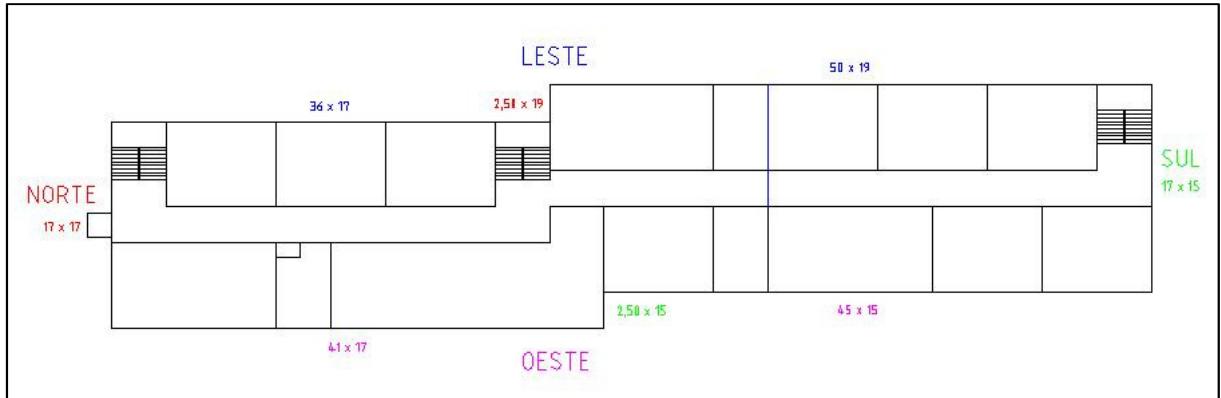


FIGURA 16: Planta baixa do pavimento-tipo com medidas das fachadas (em metros) (Desenho pela autora).

**Fator de Forma (FF):** razão entre a área da envoltória e o volume do edifício

### Cálculo do Fator Forma

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} = \frac{5048}{25154} = 0,20$$

**Fator Altura (FA):** razão entre a área de projeção do edifício e a área do piso

### Cálculo do Fator Altura

$$FA = \frac{A_{pe}}{A_{tot}} = \frac{1580}{5558} = 0,28$$

**Fator Solar (FS):** razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o Fator Solar do vidro simples de 3,00mm é 0,87.

**Abertura:** Todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada de luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro e paredes de blocos de vidro.

**Percentual de Área de Abertura na Fachada (P<sub>AFT</sub>)**: calculada como percentual entre a área de fechamento com materiais transparentes e a área de fechamento com materiais opacos das fachadas

**Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (P<sub>AFTO</sub>)**: calculada como percentual entre a área de fechamento com materiais transparentes da Fachada Oeste e a área de fechamento com materiais opacos da fachada oeste. A fachada Oeste de uma edificação é a que recebe maior incidência de calor pois permanece banhada pelo sol desde o meio-dia até o por do sol, e a área de vidros desta fachada capta este calor para o interior do prédio, tendo portanto grande contribuição na temperatura interna..

Cálculo do Percentual de Área de Abertura na Fachada (P<sub>AFT</sub>) e

Cálculo do Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (P<sub>AFO</sub>)

FACHADA	ÁREA ENVOLTÓRIA (m <sup>2</sup> )	ÁREA VIDROS (m <sup>2</sup> )	P <sub>AF</sub> (%)
Norte	335	0	0
Sul	292	4	0,01
Leste	1562	230	0,14
Oeste	1372	246	0,18 P <sub>AFO</sub>
<b>TOTAL</b>	<b>3561</b>	<b>480</b>	<b>0,13 P<sub>AFT</sub></b>

P<sub>AFO</sub> (0,18) é 38% maior do que P<sub>AFT</sub> (0,13), portanto neste caso será usado o valor de P<sub>AFO</sub> para os demais cálculos.

**Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)**: o ângulo formado entre dois planos que contém a base da abertura, sendo o primeiro o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido) e o segundo formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido). No caso do edifício Delta equivale a 9°.

$$\mathbf{AVS = 9^\circ}$$

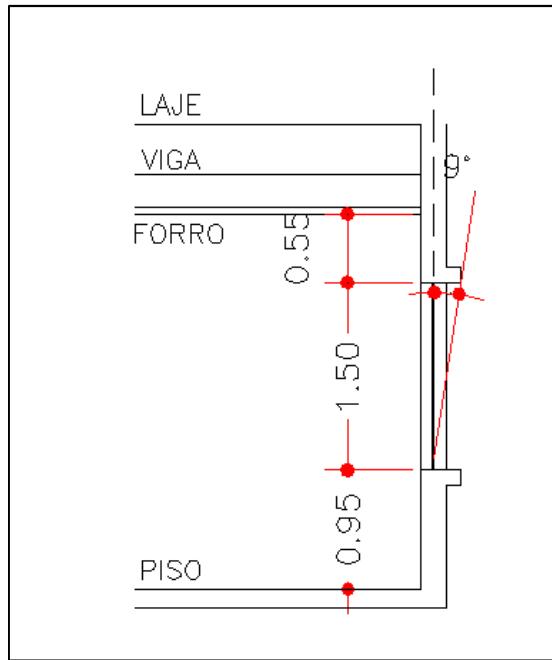


FIGURA 17: Detalhe da janela mostrando ângulo AVS (Desenho pela autora).

**Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS):** o ângulo formado entre dois planos verticais, sendo o primeiro o plano que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido) e o segundo formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido). No caso do edifício Delta equivale a 0° pois as aberturas estão inseridas no plano da parede.

$$\mathbf{AHS = 0^\circ}$$

De posse desses dados é possível fazer o levantamento da performance energética do edifício segundo a Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010 que estabelece os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C. Além do cálculo dos resultados, os dados levantados segundo as definições acima serão usados para alimentar o modelo de planilha fornecida para verificação de dados e que se encontra no anexo A deste trabalho. Esta planilha é o modelo usado para verificação de conformidade pela instituição acreditada no caso de se proceder a um processo de etiquetagem.

#### 5.4. CÁLCULO DO INDICADOR DE CONSUMO

Os dados anteriormente obtidos são aplicados na Equação 3.6 do Anexo da Portaria INMETRO nº 372 / 2010: REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS<sup>13</sup>, que diz respeito à Zona Bioclimática 3 e se aplica a edificações com mais de 500m<sup>2</sup> de área construída. Esta equação permite calcular o Indicador de Consumo (IC) que visa prever como a envoltória de um edifício vai impactar seu consumo de energia. “O Indicador de Consumo é um parâmetro para avaliação comparativa da eficiência da envoltória. (...) deve ser considerado como um indicador para comparação entre edificações cuja volumetria é idêntica (FF e FA)” (BRASIL, 2010a, p.44). Para cada zona bioclimática a equação sofre variações para expressar as diferenças climáticas existente entre elas.

Ape >500 m<sup>2</sup>

Limite: Fator de forma mínimo (Aenv/Vtot) = 0,15

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS \\ - 35,75/FF - 0,54. PAF_T . AHS + 277,98$$

Substituindo-se os valores levantados para o edifício Delta na equação teremos:

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_O + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS \\ - 35,75/FF - 0,54. PAF_O . AHS + 277,98$$

$$IC_{env} = -14,14.\mathbf{0,28} - 113,94.\mathbf{0,20} + 50,82.\mathbf{0,18} + 4,86.\mathbf{0,87} - 0,32.\mathbf{9} + 0,26.\mathbf{0} \\ - 35,75/\mathbf{0,20} - 0,54. \mathbf{0,18} . \mathbf{0} + 277,98$$

$$IC_{env} = -3,95 - 22,78 + 9,14 + 4,22 - 2,88 + 0 - 178,75 - 0 + 277,98$$

---

<sup>13</sup> O processo de cálculo da eficiência energética da envoltória está exemplificado no Manual de Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C que pode ser encontrado em <http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>. Acesso em: 29 out. 2010

$$IC_{env} = 82,98$$

Uma vez calculado o Indicador de Consumo para a volumetria do edifício o próximo passo é identificar os valores de IC máximo e mínimo para esta volumetria. Isso é feito pela substituição de algumas variáveis da equação conforme pode ser visto no quadro abaixo:

<b>IC<sub>env</sub></b>	<b>IC<sub>maxD</sub></b>	<b>IC<sub>min</sub></b>
A <sub>pe</sub>	IGUAL	IGUAL
A <sub>pcob</sub>	IGUAL	IGUAL
A <sub>tot</sub>	IGUAL	IGUAL
A <sub>env</sub>	IGUAL	IGUAL
V <sub>tot</sub>	IGUAL	IGUAL
FA	IGUAL	IGUAL
FF	IGUAL	IGUAL
PAF <sub>T</sub>	0,60	0,05
FS	0,61	0,87
AVS	0	0
AHS	0	0

FIGURA 18: Quadro para cálculo dos valores limite de IC

FONTE: BRASIL, 2010a, p. 90.

Fazendo-se as substituições é possível determinar os valores de IC maxD e IC min:

$$IC_{maxD} = -14,14,0,28 - 113,94,0,20 + 50,82,0,60 + 4,86,0,61 - 0,32,0 + 0,26,0$$

$$- 35,75/0,20 - 0,54, 0,60 \cdot 0 + 277,98$$

$$IC_{maxD} = -3,95 - 22,78 + 30,49 + 2,96 - 0 + 0 - 178,75 - 0 + 277,98 = 105,95$$

$$IC_{min} = -14,14,0,28 - 113,94,0,20 + 50,82,0,05 + 4,86,0,87 - 0,32,0 + 0,26,0$$

$$- 35,75/0,20 - 0,54, 0,05 \cdot 0 + 277,98$$

$$IC_{min} = -3,95 - 22,78 + 2,54 + 4,22 - 0 + 0 - 178,75 - 0 + 277,98 = 79,26$$

A partir dos limites de IC mínimo e máximo passa-se a calcular os intervalos dos níveis de eficiência segundo a equação a seguir:

$$i = (ICmaxD - ICmin)/4$$

$$i = (105,95 - 79,26)/4 = 6,6725 = 6,67$$

Aplicando-se este valor na tabela a seguir chega-se à definição dos níveis de eficiência para um edifício com a volumetria do edifício Delta:

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$ICmaxD - 3i$ + 0,01	$ICmaxD - 2i$ + 0,01	$ICmaxD - i$ + 0,01	$ICmaxD$ + 0,01
Lim Máx	$ICmaxD - 3i$	$ICmaxD - 2i$	$ICmaxD - i$	$ICmaxD$	-

Efetuando-se as operações tem-se os limites de classificação de eficiência energética:

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	<b>85,95</b>	<b>92,62</b>	<b>99,29</b>	<b>105,96</b>
Lim Máx	<b>85,94</b>	<b>92,61</b>	<b>99,28</b>	<b>105,95</b>	-

O valor encontrado para a envoltória,  $IC_{env}$ , de 82,98 posiciona o edifício numa faixa de eficiência A.

## 5.5. PRÉ-REQUISITOS PARA DEFINIÇÃO FINAL DA CLASSIFICAÇÃO

O próximo passo é verificar se os pré-requisitos foram atendidos. Caso tenham sido atendidos o edifício pode manter a classificação do cálculo, se não, haverá uma redução da classificação, pois “‘pré-requisito’ é uma condição preliminar para que o IC continue no nível que ele for encontrado. Assim, o nível de eficiência da envoltória é dado pelo cálculo do IC e, depois deve-se verificar se os pré-requisitos para o nível encontrado foram atendidos. Se estes não forem atendidos, reduz-se o nível de eficiência encontrado através do IC.”<sup>14</sup> O quadro abaixo traz os requisitos mínimos que devem ser atendidos pelo projeto da envoltória para cada nível de eficiência: transmitância térmica de paredes e cobertura, cores e absorções de superfícies e iluminação zenital. Para uma classificação A todos os requisitos deverão ser atendidos.

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absorção de superfícies	Iluminação zenital
A	X	X	X
B	X	X	
C e D	X		

FIGURA 19: Parâmetros a atender de acordo com nível de eficiência  
FONTE: BRASIL, 2010a, p. 77

Como neste edifício não existe iluminação zenital fica dispensado o atendimento aos requisitos de eficiência deste quesito.

A partir do texto do Anexo da Portaria INMETRO 372/2010 foram produzidos os quadros a seguir para classificação dos níveis de eficiência energética para envoltórias de edificações localizadas na Zona Bioclimática Brasileira 3.

Os valores de transmitância térmica das coberturas foram retirados da Tabela D.4 - NBR 15220-3 e para as paredes da Tabela D.3 - NBR 15220-3. Para as absorções foram usados como referência os valores da tabela de absorções da NBR 15220-2, sendo atribuído o valor ao edifício por semelhança, como mostrado na seção 5.2.

<sup>14</sup> Esta explicação pode ser encontrada no site do programa Procel Edifica, consultado em 15/04/2011: <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/comercial/faqs/metodo-prescritivo#211>

Zona Bioclimática 3		Eficiência	Nível A	Nível B	Nível C e D	Edifício Delta	Classificação
Pré requisitos	Cobertura	Transmitância Térmica máx	1	1,5	2	2,00	C/D
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,97	C/D
	Parede	Transmitância Térmica máx	3,7	3,7	3,7	1,92	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,7	C/D

FIGURA 20: Resumo de pré-requisitos para edifícios condicionados

FONTE: Quadro elaborado pela autora.

Zona Bioclimática 3		Eficiência	Nível A	Nível B	Nível C e D	Edifício Delta	Classificação
Pré requisitos	Cobertura	Transmitância Térmica máx	2	2	2	1,93	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,97	C/D
	Parede	Transmitância Térmica máx	3,7	3,7	3,7	1,92	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,7	C/D

FIGURA 21: Resumo de pré requisitos para edifícios não condicionados

FONTE: Quadro elaborado pela autora.

## 5.6. CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO DELTA

A partir do cálculo das variáveis específicas da envoltória do edifício Delta chegou-se a um nível A de eficiência energética, mas quando foram considerados os pré-requisitos para conservar esta classificação verificou-se que os mesmos não foram alcançados, fazendo com que a classificação do edifício passe a ser C/D.

Percebe-se que as paredes do edifício atendem plenamente aos requisitos para uma classificação superior, entretanto as cores dos acabamentos (pintura externa e cobertura) conduzem a resultados inferiores de eficiência energética. No caso de se promover um *retrofit* no edifício Delta será possível fazer substituições nos materiais e cores a fim de alcançar um nível de eficiência mais elevado.

Como uma parte do último pavimento é condicionada, os valores máximos para a transmitância térmica da cobertura desta parte são mais restritivos, sendo este outro motivo para que a classificação fique numa faixa inferior de eficiência.

## 6. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Tendo em mente a análise energética da envoltória do edifício e considerando o disposto na Parte 3 da NBR 15220, é possível estabelecer algumas estratégias para a intervenção no edifício visando aumentar sua eficiência energética.

Os pontos assinalados sobre a Carta Bioclimática de São Paulo mostram as incidências registradas de temperatura e umidade para as 8760 horas do ano.

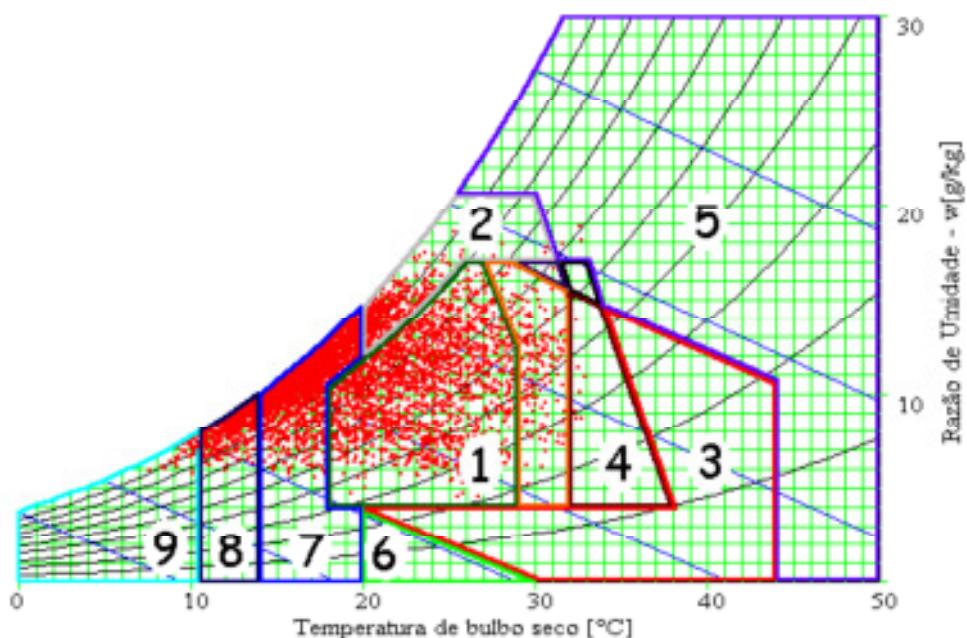


FIGURA 22: Carta bioclimática para a cidade de São Paulo  
FONTE: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 122

A leitura da carta bioclimática para a cidade de São Paulo revela que 27% das horas anuais são classificadas na zona de conforto (1), mas a grande maioria do tempo, 48% das horas, situa-se na zona de desconforto e requerem aquecimento solar ou por massa térmica (8 e 9). Ventilação (2) responde pela necessidade de 13 % das horas e apenas 2,5 % requerem resfriamento evaporativo (4). Estas características típicas do clima temperado contribuem para que condições de conforto térmico sejam mais facilmente alcançadas por mecanismos de projeto que considerem os fatores climáticos da região. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p.122).

A NBR 15220-3 sistematiza estes dados adotando uma “Carta Bioclimática [...] adaptada a partir da sugerida por Givoni (‘Comfort, climate analysis and building design guidelines’. Energy and Building, vol.18, july/92)” (ABNT, 2005, p. 18). O propósito da introdução das adaptações é tornar esta ferramenta mais próxima das condições climáticas do Brasil.

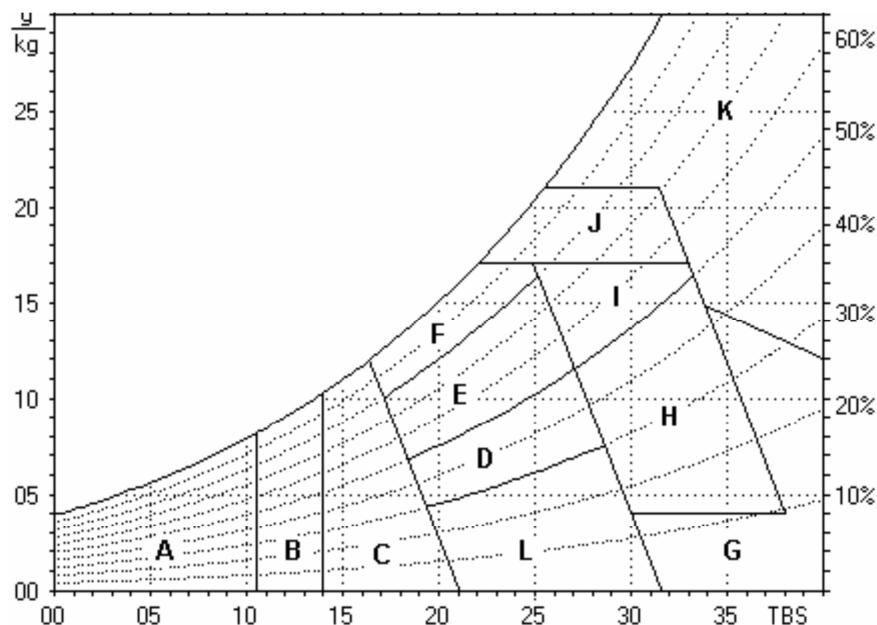


FIGURA 23: Carta Bioclimática da NBR 15220-3  
FONTE: ABNT, 2005, p.18

As zonas nesta carta correspondem às seguintes estratégias:

A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de conforto térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de conforto térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

No anexo A da NBR 15220-3 estão listadas as principais cidades brasileiras e respectivas estratégias. Para a cidade de São Paulo, situada na Zona Bioclimática 3, são indicadas as estratégias B, C, F e I, que são:

- Aberturas para ventilação com sombreamento no verão
- Aberturas médias (de 15 % a 25% da área do piso) que permitam entrar o sol no inverno
- Ventilação cruzada no verão
- Aquecimento solar passivo no inverno
- Vedações internas pesadas para inércia térmica

Um instrumento auxiliar para o projeto de elementos arquitetônicos do tipo *brise soleil* é o programa SOL-AR<sup>15</sup>, que facilita a visualização da incidência do sol sobre as fachadas ao longo do ano para diferentes latitudes. Com a utilização deste programa é possível determinar os períodos em que se deseja permitir e evitar a entrada do sol no ambiente e simular as máscaras das proteções solares externas pela variação dos ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , correspondentes aos diferentes planos que os elementos que compõem a proteção solar podem apresentar em relação à parede externa da construção.

No caso em estudo, por se tratar de escola, poder-se-ia estipular, por exemplo, que o sombreamento seja desejável das 7h30 até as 11h30 na fachada leste e das 13h até as 17h30 na fachada oeste, entre setembro e março, conforme assinalado nas figuras abaixo. Nos outros meses o sol deve entrar nos ambientes por conta das temperaturas mais baixas, desde que não provoque ofuscamento. Com a variação dos ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  pode-se determinar as dimensões dos elementos para compor os *brises* e conseguir projetar elementos que resultem no sombreamento desejado. O projeto desses elementos não será realizado no presente trabalho, ficando apenas o registro da possibilidade desta intervenção.

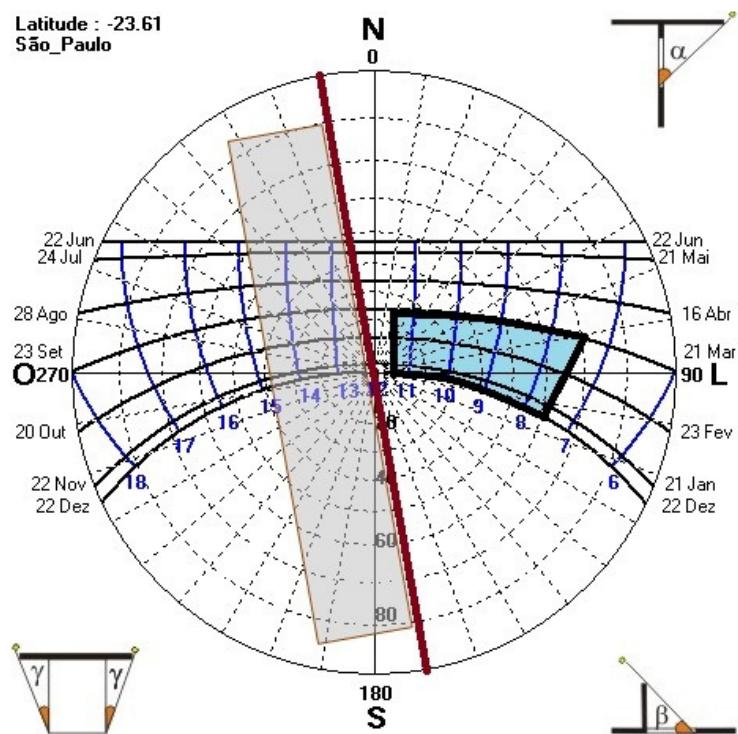


FIGURA 24: Intervalo de Sombreamento para Fachada Leste

<sup>15</sup> SOL-AR é um programa gráfico que permite obter cartas solares para latitudes específicas e auxilia o projeto de proteções solares. Pode ser baixado gratuitamente pelo site <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>>

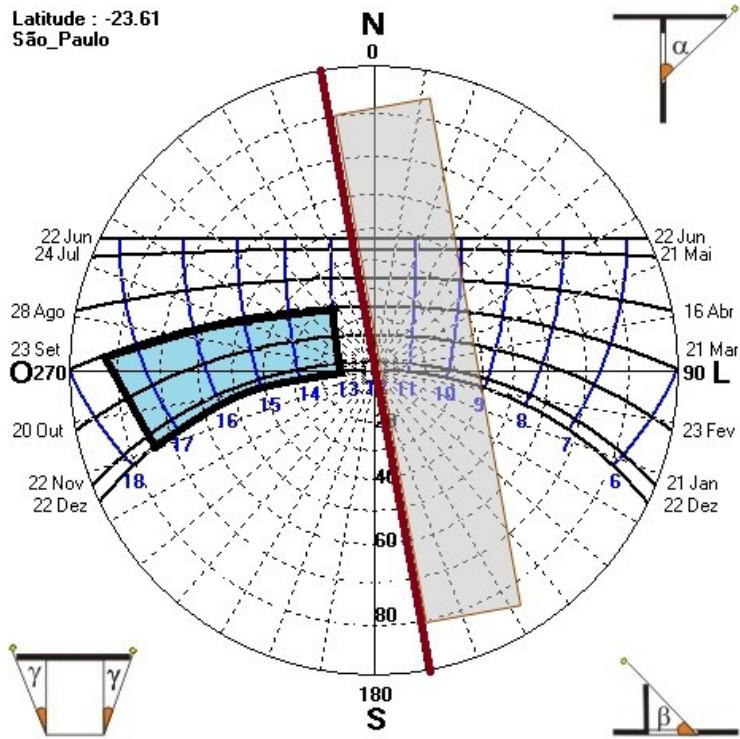


FIGURA 25: Intervalo de Sombreamento para Fachada Oeste

A partir dos cálculos realizados seguindo os parâmetros do programa Procel Edifica foi possível constatar que os elementos arquitetônicos do edifício estudado permitiram chegar a valores bastante satisfatórios de eficiência energética, mas que os tratamentos das superfícies atuais deixam a desejar, não atendendo completamente aos pré-requisitos.

Para atribuir uma classificação de eficiência energética A ou B para a envoltória do edifício é necessário que sejam atendidos os pré-requisitos para transmitância térmica e absorção das superfícies das paredes e coberturas. As paredes já apresentam coeficientes de transmitância térmica dentro da faixa de classificação A, assim como a cobertura da área não condicionada. Para a área do edifício condicionada artificialmente a cobertura atual não atende a este pré-requisito.

Já as absorções das superfícies -  $\alpha$  - devem ser menores que 0,5 para uma classificação A. Para as paredes a mudança da cor da pintura por uma cor com esta característica torna possível atender a este requisito. Pode ser usado o verde claro, com  $\alpha = 0,40$  (segundo valores da tabela de absorções da NBR 15220-2). Os telhados devem ser analisados conforme o ambiente abaixo deles serem ou não condicionados. O conjunto de cobertura para a área não condicionada já possui transmitância térmica dentro do limite permitido. Para este telhado a

limpeza das telhas e pintura em branco já seriam suficientes para atender aos pré-requisitos de transmitância e absorção e dar a esta parte da edificação uma classificação A, como pode ser visto a seguir.

Zona Bioclimática 3		Eficiência	Nível A	Nível B	Nível C e D	Edifício Delta	Classificação
Pré requisitos	Cobertura	Transmitância Térmica máx	2	2	2	1,93	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,20	A
	Parede	Transmitância Térmica máx	3,7	3,7	3,7	1,92	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,40	A

FIGURA 26: Proposta de intervenção - parte não condicionada

Para a cobertura da área climatizada o valor de transmitância máxima está acima do limite permitido para classificação A ou B. Desta forma, será necessário avaliar outros materiais para eventualmente realizar a troca da cobertura. Uma intervenção relativamente simples seria a colocação de uma chapa de alumínio polido abaixo das telhas de fibrocimento, o que levaria a um valor de transmitância térmica de 1,16 W/(m<sup>2</sup>.K) segundo a Tabela D.4 da NBR 15220-3, resultando numa classificação B de eficiência energética.

Zona Bioclimática 3		Eficiência	Nível A	Nível B	Nível C e D	Edifício Delta	Classificação
Pré requisitos	Cobertura	Transmitância Térmica máx	1	1,5	2	1,16	B
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,20	A
	Parede	Transmitância Térmica máx	3,7	3,7	3,7	1,92	A
		Cores e absorções	< 0,5	< 0,5		0,40	A

FIGURA 27: Proposta de intervenção - parte condicionada

Telhas cerâmicas não esmaltadas, telhado jardim ou reservatórios de água são outras formas de cobertura que não impactam no quesito absorção pois possuem classificação A, entretanto para a edificação em estudo a introdução de qualquer desses materiais na cobertura

traria grande impacto sobre a atual utilização do espaço, devido ao maior peso dessas coberturas se comparadas com a atual.

Coberturas localizadas abaixo de coletores ou painéis solares não entram na ponderação de áreas para cálculo da absorção, entretanto devem ter transmitância térmica máxima de 1 W/(m<sup>2</sup>.K) exceto quando houver isolamento térmico apropriado no próprio dispositivo. Analisando-se o edifício como um todo, a utilização da cobertura para a colocação desses painéis, além de aumentar o nível de eficiência energética da envoltória vai também contribuir para o resultado dos demais sistemas que se utilizam de energia ao proporcionar a utilização de uma fonte de energia alternativa.

Decidindo-se pela intervenção em um edifício existente visando obter melhor desempenho energético deve-se avaliar o custo do investimento no contexto do benefício que o aumento da classificação trará para o empreendimento e também considerar que a avaliação da envoltória é uma das partes do processo de Etiquetagem.

Ao realizar o estudo de eficiência energética para os sistemas de iluminação e ar condicionado segundo o programa Procel Edifica provavelmente algumas outras alterações na envoltória seriam necessárias, especialmente para agregar recursos que aumentem a contribuição da iluminação natural nos ambientes através de aumento da área de vidros. Isto acontecendo será necessário o estudo de proteções externas calculadas para permitir a entrada do sol no inverno e controlar a entrada do sol no verão, para atender as estratégias de conforto térmico delineadas pela NBR 15220-3.

## 7. CONCLUSÃO

O estudo do edifício Delta demonstrou que tendo sido construído há mais de 40 anos com a utilização de materiais e técnicas tradicionais (estrutura em concreto armado e paredes de vedação em tijolos cerâmicos) ao ter sua envoltória avaliada segundo o programa Procel Edifica apresentou resultados de condutibilidade térmica que justificam a realização de reformas para aumentar sua eficiência energética e seu tempo de vida útil.

Implantado em uma orientação desfavorável no terreno (com as aberturas voltadas a Leste e Oeste), a espessura das paredes externas e os materiais empregados nelas e nas coberturas contribuíram para obter valores de transmitância e absorção térmicas bastante favoráveis e chegar a uma avaliação energética relativamente boa, mesmo antes de qualquer intervenção.

O estudo seguindo a metodologia apresentada pelo programa Procel Edifica permitiu fazer a classificação da eficiência energética da envoltória de edifício existente, que ficou na faixa C/D, e também orientou algumas intervenções que tornariam possível subir esta classificação para A. No caso em que este tipo de pontuação de eficiência energética se torne um requisito para obtenção de incentivos econômicos ou fiscais, seria possível elevar seu grau de eficiência energética, como foi demonstrado na seção 6.

Na região metropolitana de São Paulo existem muitos edifícios em situação semelhante à do edifício estudado, de construção sólida mas que deixaram de atender a quesitos de funcionalidade e mesmo a questões legais, como no caso da acessibilidade. Prédios nesta situação poderiam se beneficiar de intervenções com vistas a recuperar sua funcionalidade e também aumentar sua eficiência energética. O processo de *retrofit* de edifícios antigos que incorpore elementos buscando aumentar o conforto térmico dos ocupantes e a racionalização do consumo de energia para sua manutenção trará maior valor de comercialização para os espaços renovados, reposicionando-os no mercado com um diferencial de sustentabilidade.

Entre as práticas de sustentabilidade que podem ser incorporadas a um edifício algumas são específicas para a envoltória, como foi visto neste trabalho. Outras práticas são específicas para os sistemas de iluminação e de ar condicionado, que juntamente com a envoltória constituem as três áreas para a classificação de eficiência energética segundo o programa Procel Edifica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). **Desempenho térmico de edificações parte 3:** Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 30 p.

BRASIL. Lei 10.098 de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 20 dez. 2000. Disponível em : <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L10098.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10098.htm)>. Acesso em 12 set. 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Manual para aplicação dos regulamentos:** RTQ-C e RAC-C. Brasília: MME, 2010a. 4 v. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 29 out. 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 set. 2010b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>> . Acesso em: 12 set. 2011.

CEOTTO, L. H. Construção, operação e manutenção de empreendimentos imobiliários. In: SEMINÁRIO COMO VIABILIZAR A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Pini, 2009. 1CD

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p.51-81, out./dez. 2006.

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (LABAUT). **CENPES II, o novo centro de pesquisas da Petrobras**. São Paulo: USP/FAU, 2005. (Pôster). Disponível em: <[http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/trabalhos\\_recentes/petrobras.pdf](http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/trabalhos_recentes/petrobras.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2011.

LAMBERTS, R. et al. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis, 2007, 182p. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/apostilastreinamento.php>>. Acesso em: 04 dez. 2010.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, PW Editores, 1997. 188p.

LEAL, L. V. *Técnica e arte a serviço da cura: hospital Sarah Kubitschek*. **Arquitetura e Urbanismo**, Rio de Janeiro, vol 175, p.48-57, outubro 2008.

MASCARÓ, J. L.. **O custo das decisões arquitetonicas:** Como explorar boas idéias com orçamento limitado. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1998. 180 p.

MENEZES, M. S. **Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS**. 2006. 130f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura,

Universidade de Passo Fundo, RS, 2006. Disponível em: <<http://www.upf.br/ppgeng/images/stories/2004miltonmenezes.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2011.

**MUELLER, C. M.. Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto.** 2007. 258 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, 2007.

**SHALDERS NETO, A.. Regulamentação de desempenho térmico e energético de edificações.** 2003. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <[http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2003/Teses/Tese\\_ArmandoNeto.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2003/Teses/Tese_ArmandoNeto.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2011.

**SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V.. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para a avaliação de sustentabilidade. *Ambiente Construido*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p.7-18, 25 abr. 2003. Trimestral. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc11388.pdf>>.** Acesso em: 04 dez. 2010.

**VITRUVIO. Tratado de arquitetura.** São Paulo: Martins Editora Livraria Ltda, 2007. 556p

**XAVIER, A. A. P.. Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias:** teoria física aliada a estudos de campo. 2000. 267 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 2000. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/tese\\_xavier.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/tese_xavier.pdf)>. Acesso em 10 mar. 2011.

**ANEXOS**

- A. Planilha de fornecimento de dados da envoltória
- B. Planilha da relação das aberturas verticais

## PLANILHA DE FORNECIMENTO DE DADOS DE ENVOLTÓRIA

## ENVOLTÓRIA

Dados cadastrais		Proprietário	#REF!
		Nome edifício	DELTA
		Endereço	#REF!
		No/Compl.	#REF!
		Cidade	S. B. CAMPO
		UF	SP
		CEP	#REF!
		Zona Bioclimática	3
		Data	#REF!
		#REF!	#REF!
Proprietário		Inspetor	

## DADOS DO EDIFÍCIO

No. Pavimentos	4	No. Fachadas	8	Altura sem cx dágua	19
Altura total	19	Área de projeção horizontal	1580	Área total de piso	5558
Área de cobertura	1487	Área de envoltória	5048	Volume da edificação	25154

## ABERTURAS

Tipo de área para a abertura	Total	Orientação oeste
Área de fachada	3561	1372
Área de vão vertical	771	330
Área de abertura envidraçada vertical	480	246
Área de vão zenital em projeção horizontal	0	
Área de abertura envidraçada zenital em proj horizontal	0	

## TIPO DE MATERIAL - TRANSPARENTE OU TRANSLÚCIDO

Material	VIDRO 3MM	Área	480	Fator Solar	0,87
Material		Área		Fator Solar	
Material		Área		Fator Solar	

acrescentar quantas linhas forem necessárias

## SOMBREAMENTO

ÂNGULO VERTICAL DE SOMBREAMENTO			ÂNGULO HORIZONTAL DE SOMBREAMENTO				
Área	480	AVS	9	Área	0	AHS1	0
Área		AVS		Área		AHS1	
Área		AVS		Área		AHS1	
				Área		AHS2	
				Área		AHS	

acrescentar quantas linhas forem necessárias

## PAREDES

Parede 1	Composição	TIJOLOS + EMBOÇO + PINTURA			
Transmitância	1,92	Área	2849	Absortância	0,7
Parede 2	Composição				
Transmitância		Área		Absortância	
Parede 3	Composição				
Transmitância		Área		Absortância	

acrescentar quantas linhas forem necessárias

## COBERTURAS I

Cobertura 1	Composição	TELHA FOBROCIMENTO + LAJE		
Transmitância	1,93	Área	973	Condicionamento sob a cobertura
Cobertura 2	Composição	TELHA FIBROCIMENTO + FORRO DE MADEIRA		
Transmitância	2	Área	572	Condicionamento sob a cobertura

acrescentar quantas linhas forem necessárias

## COBERTURAS II

Cobertura 1	Composição		
Absortância		Área	Absortância
Cobertura 2	Composição		
Absortância		Área	Absortância

acrescentar quantas linhas forem necessárias

## ILUMINAÇÃO ZENITAL

Material		Área	Fator Solar
----------	--	------	-------------

# ENVOLTÓRIA

PLANILHA DE FORNECIMENTO DE DADOS DE ENVOLTÓRIA

## Dados cadastrais



Proprietário	#REF!			
Nome edifício	DELTA			
Endereço	#REF!			
No/Compl.	#REF!	Bairro		#REF!
Cidade	S. B. CAMPO	UF	SP	CEP #REF!
Zona Bioclimática	3	Data		#REF!
		#REF!	#REF!	
<hr/> Proprietário		<hr/> Inspetor		

## RELAÇÃO DAS ABERTURAS VERTICais

adicionar quantas linhas forem necessárias